

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-169530

(P 2 0 0 1 - 1 6 9 5 3 0 A)

(43) 公開日 平成13年 6 月 22 日 (2001. 6. 22)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H02K 41/06		H02K 41/06	5H641
37/12	521	37/12	521
37/14		37/14	V

審査請求 未請求 請求項の数36 O L (全15頁)

(21) 出願番号 特願2000-16405 (P 2000-16405)
(22) 出願日 平成12年 1 月 26 日 (2000. 1. 26)
(31) 優先権主張番号 特願平11-272341
(32) 優先日 平成11年 9 月 27 日 (1999. 9. 27)
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005832
松下電工株式会社
大阪府門真市大字門真1048番地
(72) 発明者 鹿田 善一
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社社内
(72) 発明者 北野 斉
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社社内
(74) 代理人 100087767
弁理士 西川 恵清 (外 1 名)

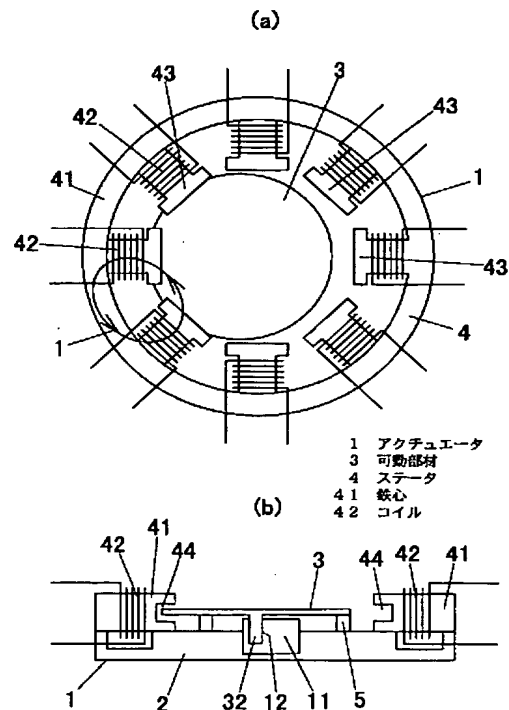
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 公転式アクチュエータ

(57) 【要約】

【課題】 高効率化を図る。

【解決手段】 所定半径の公転が自在に支持されている可動部材 3 と、この可動部材 3 の公転軌道の外接円に沿って配置されているとともに可動部材 3 に作用させる磁気力で可動部材 3 に公転を行わせるステータ 4 とからなる。鉄心 4 1 と該鉄心 4 1 に巻回されたコイル 4 2 とからなる上記ステータ 4 の鉄心 4 1 が、可動部材 3 の外周部を非接触で挟み込んでいる。ステータ 4 の次に励磁すべき部分と可動部材 3 との隙間を一定に保つことができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 所定半径の公転が自在に支持されている可動部材と、この可動部材の公転軌道の外接円に沿って配置されているとともに可動部材に作用させる磁気力で可動部材に公転を行わせるステータとからなる公転式アクチュエータであって、鉄心と該鉄心に巻回されたコイルとからなる上記ステータの鉄心は、可動部材の外周部を非接触で挟み込んでいることを特徴とする公転式アクチュエータ。

【請求項 2】 ステータは、可動部材の公転平面に沿った磁気回路を形成するものであることを特徴とする請求項 1 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 3】 ステータは、可動部材の公転平面を横断する磁気回路を形成するものであることを特徴とする請求項 1 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 4】 可動部材はスクロールポンプの可動スクロール駆動用であることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 5】 可動部材が永久磁石で形成されていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 6】 可動部材は外周部が永久磁石で形成され、内周部が軽量部材で形成されていることを特徴とする請求項 5 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 7】 可動部材は永久磁石と磁性材料とからなることを特徴とする請求項 5 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 8】 可動部材は周方向において永久磁石と磁性材料とが交互に並んだものとして形成されているとともに、磁性材料に隣接する 2 つの永久磁石は間の磁性材料に同磁極を向けていることを特徴とする請求項 7 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 9】 可動部材は永久磁石で形成されているとともに径方向に着磁されていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 10】 可動部材は永久磁石で形成されているとともに着磁方向が径方向に対して傾いていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 11】 可動部材は永久磁石で形成されているとともに厚み方向において複数の永久磁石が積層されていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 12】 可動部材はその外周面に間隔をおいて複数の突部を備えていることを特徴とする請求項 1～11 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 13】 突部はその断面積が可動部材の周方向において漸次変化していることを特徴とする請求項 12 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 14】 突部はその断面積が可動部材の径方向

において漸次変化していることを特徴とする請求項 12 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 15】 可動部材はその外周面に厚みの薄い鏝部を備えて、この鏝部がステータの鉄心で非接触状態で挟み込まれていることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 16】 可動部材はその中心側が外周部よりも薄肉もしくは中空となっていることを特徴とする請求項 1～5 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 17】 可動部材はステータとの対向部表面にスリットを備えていることを特徴とする請求項 1～16 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 18】 ステータの鉄心は磁束の流動方向と垂直な方向に電磁鋼板を積層したものとして形成されていることを特徴とする請求項 1～17 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 19】 ステータの鉄心は可動部材との対向面にスリットを備えていることを特徴とする請求項 1～18 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 20】 ステータの鉄心の先端部断面積が他の部分より大となっていることを特徴とする請求項 1～19 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 21】 ステータの鉄心は可動部材を挟んで接合される複数の部品で形成されていることを特徴とする請求項 1～20 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 22】 コイルが各部品毎に巻回されていることを特徴とする請求項 21 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 23】 コイルは鉄心の可動部材寄りの先端部に巻回されていることを特徴とする請求項 1～22 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 24】 ステータはリング状であって内周側に複数の磁極歯を突出させている鉄心と、該鉄心のリング状部で且つ磁極歯間の部分に巻回されているコイルとからなることを特徴とする請求項 2 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 25】 鉄心のコイル巻回部分には電氣的に絶縁された複数のコイルが巻回されていることを特徴とする請求項 1～23 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 26】 可動部材は自転拘束機構を介して支持されていることを特徴とする請求項 1～25 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 27】 可動部材は公転半径拘束部材を介して支持されていることを特徴とする請求項 1～26 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 28】 公転半径拘束部材は可動部材のカウンタバランスを備えていることを特徴とする請求項 27 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 29】 可動部材の公転平面と直交する方向における可動部材の位置を規制する規制手段を備えていることを特徴とする請求項 1～28 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 30】 規制手段はリテーナにて保持されて可動部材に接触する複数の球面体であることを特徴とする請求項 29 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 31】 規制手段は磁気力を可動部材に及ぼして位置規制を行うものであることを特徴とする請求項 29 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 32】 可動部材の径方向において向かい合う位置にあるコイル同士を、両コイルで励磁される鉄心の極性が逆となるように結線しておくことを特徴とする請求項 1～4 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 33】 可動部材の公転位置を検出する検出手段と、検出手段の出力に基づいてステータを制御する制御手段とを備えていることを特徴とする請求項 1～32 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 34】 検出手段は可動部材が備える永久磁石の磁気に感応する磁気感応部材であることを特徴とする請求項 33 記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 35】 可動部材に公転を行わせる磁気力を可動部材の周方向に並んでいる複数のコイルの同時励磁で発生させていることを特徴とする請求項 1～4 のいずれかの項に記載の公転式アクチュエータ。

【請求項 36】 少なくとも可動部材の径方向において可動部材が最も接近している極またはこの極に隣合う極の鉄心と、該鉄心と可動部材の径方向において向かい合う鉄心とを励磁するためのコイルを除く他の複数のコイルの同時励磁で可動部材に公転を行わせる磁気力を発生させていることを特徴とする請求項 35 記載の公転式アクチュエータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は可動部材に公転運動を行わせる公転式アクチュエータに関するものである。

【0002】

【従来の技術】 一般のモータは、特公昭 63-33382 号公報に示されているステップモータのように可動部材に自転を行わせるものであるが、特開平 8-205515 号公報や特開平 6-319251 号公報に示された可変空隙型モータのように、可動部材に公転運動を行わせるものも存在している。磁界を移動させることで公転自在に支持されている可動部材に公転運動を行わせるものである。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかし、従来の公転式アクチュエータでは、磁界を移動させる際、次ステップで励磁する固定鉄心と可動部材との間の隙間は、可動部

材の公転半径や可動部材の形状（直径等）に依存する可変隙間となっており、磁気抵抗や磁束漏れが大きく、高効率化が困難である。

【0004】 本発明はこのような点に鑑みなされたものであって、その目的とするところは高効率化を図ることができる公転式アクチュエータを提供するにある。

【0005】

【課題を解決するための手段】 しかし本発明は、所定半径の公転が自在に支持されている可動部材と、この可動部材の公転軌道の外接円に沿って配置されているとともに可動部材に作用させる磁気力で可動部材に公転を行わせるステータとからなる公転式アクチュエータにおいて、鉄心と該鉄心に巻回されたコイルとからなる上記ステータの鉄心が、可動部材の外周部を非接触で挟み込んでいることに特徴を有している。ステータの次に励磁すべき部分と可動部材との隙間を一定に保つことができる。

【0006】 この時、ステータは、可動部材の公転平面に沿った磁気回路を形成するものであっても、可動部材の公転平面を横断する磁気回路を形成するものであってもよい。可動部材が永久磁石で形成されておれば、より効率の高い駆動を行うことができる。

【0007】 また、可動部材は外周部が永久磁石で形成され、内周部が軽量部材で形成されていたり、永久磁石と磁性材料とから形成されていたりしてもよく、後者の場合、周方向において永久磁石と磁性材料とが交互に並んだものとして形成されているとともに、磁性材料に隣接する 2 つの永久磁石は間の磁性材料に同磁極を向けているものとすることもできる。

【0008】 さらに、可動部材が永久磁石で形成されている場合、径方向に着磁されていたり、着磁方向が径方向に対して傾いていたたり、厚み方向において複数の永久磁石が積層されているものであってもよい。

【0009】 可動部材の外周面に間隔をおいて複数個の突部を設けたものとするのも好ましく、この場合の突部は、その断面積が可動部材の周方向あるいは径方向において漸次変化しているものを好適に用いることができる。

【0010】 可動部材の外周面に厚みの薄い鏝部を設けて、この鏝部がステータの鉄心で非接触状態で挟み込まれているようにしてもよい。

【0011】 可動部材の中心側が外周部よりも薄肉もしくは中空となっていたり、ステータとの対向部表面にスリットを備えていてもよい。

【0012】 ステータの鉄心は磁束の流動方向と垂直な方向に電磁鋼板を積層したものとして形成されていたり、可動部材との対向面にスリットを備えていたり、鉄心の先端部断面積が他の部分より大となっていたりしてもよい。

【0013】 また、ステータの鉄心は可動部材を挟んで

接合される複数部品で形成されていてもよく、この場合、コイルが各部品毎に巻回されていると、尚、好ましい。

【0014】ステータのコイルは鉄心の可動部材寄りの先端部に巻回されていることが好ましいが、この他、ステータがリング状であって内周側に複数の磁極歯を突出させている鉄心と、該鉄心のリング状部で且つ磁極歯間の部分に巻回されているコイルとからなるものも好適に用いることができる。

【0015】鉄心のコイル巻回部分には電氣的に絶縁された複数のコイルを巻回していてもよい。

【0016】可動部材は自転拘束機構や公転半径拘束部材を介して支持されたものが好ましく、この場合の公転半径拘束部材には可動部材のカウンタバランスを備えたものが特に好ましい。

【0017】可動部材の公転平面と直交する方向における可動部材の位置を規制する規制手段を備えたものとするのも好ましく、規制手段としては、リテーナにて保持されて可動部材に接触する複数の球面体や、磁気力を可動部材に及ぼして位置規制を行うものを好適に用いることができる。

【0018】可動部材の径方向において向かい合う位置にあるコイル同士を、両コイルで励磁される鉄心の極性が逆となるように結線しておいてもよい。

【0019】さらに、可動部材の公転位置を検出する検出手段と、検出手段の出力に基づいてステータを制御する制御手段とを備えたものとしてもよく、検出手段には可動部材が備える永久磁石の磁気に感應する磁気感應部材を好適に用いることができる。

【0020】可動部材に公転を行わせる磁気力をステータに発生させるにあたっては、可動部材の周方向に並んでいる複数のコイルの同時励磁で行うとよい。少なくとも可動部材の径方向において可動部材が最も接近している極またはこの極に隣合う極の鉄心と、該鉄心と可動部材の径方向において向かい合う鉄心とを励磁するためのコイルを除く他の複数のコイルの同時励磁で可動部材に公転を行わせる磁気力を発生させるようにするのも好ましい。

【0021】

【発明の実施の形態】以下本発明を実施の形態の一例に基づいて詳述すると、このアクチュエータ1は、ベース2とベース2上に固定したステータ4、そしてベース2に対して所定半径での公転を行うように駆動される円盤状の可動部材3とからなるもので、該可動部材3はその公転に際して自転は行わないものとなっている。

【0022】まず、上記可動部材3の支持構造について説明すると、上記ベース1は図2にも示すようにその中央に軸受10を介して軸11を回転自在に受けているのであるが、この軸11は偏心した位置に軸孔12を備えており、この軸孔12に可動部材3の一面から突出する

軸32を回転自由に遊嵌させているために、可動部材3はベース2及び固定スクロール2に対して、上記軸孔12の偏心量を半径とする旋回（公転）が自在となっている。可動部材3の公転半径拘束部材として機能している軸11には、図29(a)に示すように、可動部材3のカウンタバランスとなる偏心重量部13を備えたものを用いてもよい。可動部材3と軸11との重心位置を可動部材3の公転中心の軸線上に位置させることができるために、可動部材3が公転運動をしている時のアクチュエータ1内の振動を抑えることができる。なお、偏心重量部13は、可動部材3及び軸11と同じ回転数で自転回転するものであれば、軸11と一体になっていなくてもよく、また図29(b)に示すように、軸11そのものを断面非円形として重心が偏ったものとする事でカウンタバランスとして機能するようにしたものであってもよい。

【0023】また、可動部材3の一面に設けたキー溝33にオルダムリング5が備えるキー51がスライド自在に係合して、オルダムリング5に対して可動部材3が1自由度の移動が可能となっており、さらにオルダムリング5は他面に上記キー51と直交するキー52を備えて該キー52がベース2に設けたキー溝15にスライド自在に係合することでベース2に対してオルダムリング5が1自由度の移動が可能となっている。ベース2に対し、可動部材3はオルダムリング5を介して2自由度の移動が可能となっていると同時に、可動部材3はその自転について拘束されており、この結果、上記軸11による案内を受けて可動部材3が公転する時、可動部材3は自転を行うことがないものである。

【0024】そして、電磁鋼板あるいは電磁軟鉄などの磁性材料からなる可動部材3を駆動するステータ4は、内周側へと突出する複数個（図示例では8個であるが、この個数は限定するものではない）の磁極歯43が所定間隔で設けられるとともにベース2の中心と同心に配設されて可動部材3の外周側に位置しているリング状の鉄心41と、この鉄心41の各磁極歯43の部分に夫々巻回した複数個のコイル42とからなるもので、可動部材3を囲んでいるステータ4における隣接する2つのコイル42を同時に励磁することで、この2つのコイル42が巻回されている2つの磁極歯43の先端を異極に磁化して、鉄心41のリング状部と磁極歯43、43と可動部材3とを通る磁気回路Mを形成すれば、可動部材3は励磁されているコイル42側に吸引される。このために、通電するコイル42を時計回り方向もしくは反時計回り方向に順次切り換えていけば、可動部材3も同じ方向の公転運動を行う。

【0025】この時、ステータ4の各磁極歯43の先端面の内接円は、公転する可動部材3の外接円よりも少し小さくしているとともに、各磁極歯43の先端面には、可動部材3の外周縁が入り込む溝44を設けて、可動部

材 3 の外周部の上下面に磁極歯 4 3 が非接触で対向するようにしてある。このために、可動部材 3 の公転につれて各磁極歯 4 3 の先端面と可動部材 3 の中心との間隔が変化するものの、可動部材 3 に磁気吸引力を作用させている磁極歯 4 3 と可動部材 3 との間のギャップは一定に保たれるものであり、磁気抵抗や磁束漏れが少なく、高効率化が可能となる。特に、磁気回路 M が可動部材 3 の公転平面に沿って形成される図示例のものでは、ほとんどの磁束が磁気吸引力として可動部材 3 に作用するため、高い推進力を得られるものである。

【0026】磁極歯 4 3 の先端の幅を大きくすることで磁極歯 4 3 の先端部の断面積を大きくしているのも、可動部材 3 との対向面積を大きくして、磁気抵抗の減少による推進力の向上を図っているためである。

【0027】図 3 に示すように、可動部材 3 の外周縁に厚みの薄い鍔部 3 0 を設けて、この鍔部 3 0 が磁極歯 4 の溝 4 4 内に入るようにしてもよい。可動部材 3 の外周面全面も磁極歯 4 3 に対向させることができ、可動部材 3 を通過する際の磁束の集中が生じにくくなって磁気抵抗を小さくすることができる。つまり、可動部材 3 に流れる磁束が多くなるために、可動部材 3 の推進力を向上させることができる。

【0028】コイル 4 2 の励磁に際しては、隣接する 2 つのコイル 4 2 ではなく、図 4 に示すように、隣接する 3 つのコイル 4 2 を励磁するとともに、励磁するコイル 4 2 を一つずつずらしていくようにしてもよい。また、2 つもしくは 3 つのコイル 4 2 を同時に励磁すると同時に、励磁するコイル 4 2 を順次一つずつずらしていくことは、2 つのコイル 4 2 を同時に励磁する場合で示すと、図 5 に示すように、各磁極歯 4 3 に電氣的に絶縁された 2 つのコイル 4 2 a、4 2 b を設けて、コイル 4 2 a は隣の磁極歯 4 3 のコイル 4 2 b に予め直列接続しておく、各コイル 4 2 への通電制御を簡単に行うことができる。

【0029】図 6 に他例を示す。ここではステータ 4 として、内周側へと突出する磁極歯 4 3 が所定間隔で設けられているリング状の鉄心 4 1 における磁極歯 4 3 間の部分にコイル 4 2 を夫々巻回している。あるコイル 4 2 に通電すれば、そのコイル 4 2 の両端に位置する 2 つの磁極歯 4 3、4 3 が異極に磁化されて、可動部材 3 を通る磁気回路 M を形成し、磁性体からなる可動部材 3 に対して磁気吸引力を作用させる。この場合も、通電するコイル 4 2 を順次切り換えていけば、可動部材 3 に公転運動を行わせることができる。なお、図 6 に示したものにおいても、隣合う複数のコイル 4 2 を同時に励磁してもよく、この場合、両コイル 4 2、4 2 間に位置するとともに両コイル 4 2、4 2 が共有する磁極歯 4 3 が同磁極となるように通電する。

【0030】図 7 は上記構成のステータ 4 を備えたアクチュエータ 1 をスクロールポンプの駆動源として用いた

場合を示しており、ここでは可動部材 3 における固定スクロール 2 5 の渦巻き状のラップ 2 0 が形成された面に対向する一面に渦巻き状のラップ 3 8 を形成して、可動部材 3 自体を可動スクロールとし、両ラップ 2 0、3 8 が重なるように両者を組み合わせて、上記の軸 1 1 とオルダムリング 5 とによって拘束された動き、つまりは自転を伴うことなく一定半径の公転運動を所定の回転方向において可動部材 3 が行う時、固定スクロール 2 5 のラップ 2 0 と可動部材 3 のラップ 3 8 とによって密閉された空間が外周側から中心側へとその容積を漸次小さくしつつ移動させるために、外周側に吸い込み口 3 5、中心部に吐出口 3 6 を配した該スクロール型ポンプでは、吸い込み口 3 5 から吸い込んだ流体を吐出口 3 6 から吐出する。

【0031】図 8 に別の例を示す。可動部材 3 及びその支持構造は前述のものと同じであるが、ここでは鉄心 4 1 と鉄心 4 1 に巻回したコイル 4 2 とからなる電磁石 4 0 を複数個（図示例では 8 個であるが、この個数は限定するものではない）、ベース 2 上に放射状に配置したものをステータ 4 としている。各電磁石 4 0 は鉄心 4 1 が C 字形をして、対向する両端面間の空隙に可動部材 3 の外周部が入り込むものとなっており、コイル 4 2 は可動部材 3 の外周部の上下面に夫々近接対向する両端部に各々巻回してあって、これらコイル 4 2、4 2 に通電することで可動部材 3 の外周部をその厚み方向に通る磁気回路 M を形成すれば、平面内の公転移動が可能な可動部材 3 はその電磁石 4 0 側に吸引されることになる。このために、励磁する電磁石 4 0 を順次切り換えていけば、可動部材 3 は公転を行う。なお、この場合においても、隣接する 2 つの電磁石 4 0、4 0 に同時に通電するようにしてもよい。

【0032】ここで、1 つの鉄心 4 1 に対して可動部材 3 に近接している両端部に夫々コイル 4 2、4 2 を巻回しているのは、コイル 4 2 で発生した磁束が可動部材 3 に流れ込み易く、磁束のロスを避けることができるからである。磁気回路 M が可動部材 3 の回転平面に沿って形成される前述の例のものにおいても、同じ理由で、図 1 に示したもののほうが図 6 に示したものよりも高い効率を得ることができる。

【0033】可動部材 3 としては、可動部材 3 の回転平面に沿った磁気回路 M を形成するものにおいても、可動部材 3 の回転平面と直交する方向の磁気回路 M を形成するものにおいても、永久磁石で形成したものを使用することができる。この場合、前者については、図 9 (a) (b) に示すように、可動部材 3 の外周部に周方向においてほぼ等間隔に極性が変化するように着磁したものをを用いることができ、後者については、可動部材 3 の表裏を異極に着磁したものや、図 9 (c) (d) に示すように、可動部材 3 の表裏を異極に且つ周方向においてほぼ等間隔に極性が変化するように着磁したもの（この場合、隣接する電

磁石 40 では磁気回路 M の磁束が流れる方向が逆となるように通電する)を用いることができる。これは、可動部材 3 全体を起磁力をもつ希土類またはフェライト系の永久磁石で形成するほか、希土類磁石を含有するプラスチックで形成したり、あるいは図 10 に示すようにプラスチックやアルミニウム等の軽量非磁性体からなるコア部 35 の外周にリング状永久磁石 36 や矩形体状永久磁石 36 を接着や機械的な拘束を用いて固定したものを用いることができる。上記コア部 35 を磁性材料で形成したものをを用いてもよい。磁気特性の良い磁性材料の比透磁率 (120~20000) は永久磁石の比透磁率

(1.0~7.0) よりもかなり大きいことから、磁気回路内の磁気抵抗を減少させることができる。

【0034】図 11 に示すように、薄板状の永久磁石 36 を同一極同士が向かい合うように配置するとともにその間に磁性材料 37 を配置したものととしてもよい。永久磁石 36 は同一極が向かいあっているために、磁束はその間にある磁性材料 37 を通って可動部材 3 の外部に出ていくことから、磁性材料 37 はある極に励磁されることになる。永久磁石から出る磁束の密度は使用する永久磁石の特性 (希土類磁石では 1.2 Wb/m^2 程度) で決まるが、この構造であると、磁束が磁性材料 37 を通過する際に絞り込まれることになり、磁性材料 37 の磁束密度限界 ($1.6 \sim 2.1 \text{ Wb/m}^2$) まで可動部材 3 から発生する磁束密度を高くすることができる。

【0035】さらに、周方向において極性の異なる磁極を間隔をおいて配置する場合、図 12 に示すように、可動部材 3 の外周部に突部 3a を設けて、この突部 3a に磁極が位置するようにしてもよい。なお、突部 3a は磁極歯 43 の数もしくは電磁石 40 の数と同数とする。この時、突部 3a が可動部材 3 の外周面に固定した永久磁石で形成されるようにしてもよく、図 11 に示したもののよう、磁性材料 37 が突部 3a を構成するようにしてもよい。いずれにしても、可動部材 3 の外径は突部 3a 以外の部分を小さくすることができて、軽量化を図ることができる。また、突部 3a として、図 12 (b) (c) に示すように、角部を曲面としたり面取りしたりすることで、角部での磁束において可動部材 3 の公転時の進行方向成分を増加させることができる。

【0036】ところで、可動部材 3 全体を永久磁石で形成する場合は、図 13 に示すように、S 極と N 極の対が半径方向に並ぶようにすると、磁針方向 A と逆向きに生ずるとともに磁石の性能を損なう原因となる反磁界 B が周囲の磁極から生じた磁界で弱められることになり、この結果、可動部材 3 全体の磁気特性が向上することになる。

【0037】また、半径方向に着磁するにあたり、図 14 (a) (b) に示すように、磁針方向 A が径方向とある角度をもって交差するようにしておけば、図 14 (c) に示す磁針方向 A が径方向と一致する場合と比較して、可動部

材 3 とステータ 4 との間のギャップで磁束がより直線的に流れることになり、磁気抵抗の減少による可動部材 3 の推進力の向上を得ることができる。

【0038】図 15 に示すように、可動部材 3 の厚み方向において複数枚の永久磁石 34 を積層するとともに、厚み方向において折れ曲がった磁路が形成されるようにしておけば、次相の電磁石 40 に向かって磁束が直線的に流れるようにすることができる。

【0039】可動部材 3 に突部 3a を設ける場合は、図 16 (a) または図 17 (a) または図 18 (a) に示すように、突部 3a を公転方向と反対側の断面積が大となるようにしておくことよい。断面積が一樣の場合、図 16 (b) または図 17 (b) または図 18 (b) に示すように、磁極歯 43 (電磁石 40) に接近するにつれて推進力に寄与する磁束 F が減って寄与しない磁束 F' が増えるために推進力が減少するが、断面積を変えておけば、推進力に寄与しない磁束の増加を少なくすることができる。

【0040】図 19 または図 20 に示すように、可動部材 3 の表面に磁束流動方向 C と直交する方向のスリット 39 を設けたり、あるいは図 21 または図 22 に示すように、磁極歯 43 または鉄心 41 の端面に磁束流動方向と直交する方向のスリット 49 を設けると、可動部材 3 表面あるいは鉄心 41 (磁極歯 43) 表面で発生する渦電流を抑制することができるために、渦電流損失を少なくすることができる。

【0041】ステータ 4 における鉄心 41 は、磁束の流動方向と直交する方向に電磁鋼板を積層して形成したものが好ましい。図 23 はリング状鉄心 41 を有するものにおいて、該鉄心 41 を厚さ 1 mm 以下の珪素鋼板の積層物として形成したものを示している。このものにおいても、鉄心 41 内部に発生する渦電流を抑制することができて磁気特性を向上させることができる。

【0042】図 24 は可動部材 3 の軽量化のために、中心部の厚みを薄くしたり、リング状としたものを示している。可動部材 3 の高速回転に有利となる。

【0043】ところで、リング状の鉄心 41 を備えたステータ 4 においては、図 25 に示すように、鉄心 41 を可動部材 3 の公転平面と垂直な方向に分割したものとし、2つの鉄心 41 a, 41 b 間に可動部材 3 を位置させた後に機械的な拘束または接着剤またはビーム溶接等で接合し、次いでコイル 42 を巻回する構成としておくことで、可動部材 3 の公転半径が小さく、しかも鉄心 41 が可動部材 3 を覆う面積が大きい時でも鉄心 41 の中に可動部材 3 を組み付けることができる。なお、リング状の鉄心 41 は半円状のもの 2 つを接合することで形成するようにしても、同様の効果を得ることができるとともに、この時には接合前にコイル 42 を巻回しておくことができるために、さらに製造が容易となる。

【0044】鉄心 41 を分割することは、磁気回路 M が可動部材 3 を厚み方向に横切るものにおいても適用する

ことができる。図26はこの場合の一例を示しており、予めコイル42を巻回した2つの鉄心41a、41bを可動部材3を挟むようにして接合している。

【0045】図27は可動部材3の支持のためにスラスト軸受18を用いた場合を示している。可動部材3の軸方向の傾きを無くすることができる。

【0046】なお、以上の説明では、ステータ4が可動部材3に作用させる磁気力として磁気吸引力のみを示したが、可動部材3を永久磁石としている場合には、磁気反発力も利用することができる。図28はこの場合の一例を示しており、磁気吸引力を働かせている部分と逆の部分において磁気反発力を働かせている。

【0047】図30は、可動部材3の軸方向の動きを規制する規制手段を設けて、可動部材3とステータ4との磁気ギャップのさらなる安定化を図ったものを示しており、図30(a)に示すものでは、下面側が軸11を介してベース2で支持されている可動部材3の上面側に可動部材抑えとして機能するハウジング21を配して、該ハウジング21を可動部材3の上面にすべり接触させている。もちろん、図30(b)に示すように、ハウジング21下面に4フッ化エチレンやステンレス、セラミック等の低摩擦係数材料からなる抑え部材22を配して、該抑え部材22が可動部材3の上面にすべり接触するようにすると、より好ましいものとなり、さらには図31及び図32に示すように、リング状のリテーナ23で保持された複数の球面体24（つまりはスラスト軸受）をベース2と可動部材3及び可動部材3とハウジング21の間に介在させて、球面体24が可動部材3に転がり接触するようにすれば、摩擦を大きく低減させることができるために、効率が向上する。

【0048】可動部材3の軸方向位置規制は、磁気力を用いて行うようにしてもよく、図33は可動部材3に設けた永久磁石36と、ベース2に固定した磁性体（永久磁石を含む）26との間に働く磁気吸引力が可動部材3の軸方向位置規制を行うようにしたものを示している。磁性体26は可動部材3の上方側に配置する部材（ハウジング21）に固定していてもよい。いずれにしても、磁気力を利用する場合は、可動部材3の軸方向両面から挟み込まなくても軸方向位置規制を行うことができるために、コストを下げるができる。

【0049】図34は、可動部材3の径方向において向かい合う位置にあるコイル42、42同士を短絡線45で繋ぐとともに、両コイル42、42で励磁される鉄心41の極性が逆となるようにしたものを示している。通電を制御すべきコイル42の相数を半分とすることができるために制御が容易となる。

【0050】また、ステータ4のコイル4の通電制御にあたっては、可動部材3の公転位置を検出する検出手段を設けて、検出手段の出力に基づいて制御を行うことで可動部材3の脱調を防ぐことができる。この検出手段と

しては、図35に示すものでは、発光ダイオードのような発光素子61とフォトダイオードのような受光素子62との対を複数個、周方向において間隔をおいて配置するとともに可動部材3の位置によって発光素子61から受光素子62に至る光が遮断されてしまうようにしたものを用いることができるが、可動部材3が永久磁石からなるもの、あるいは可動部材3が永久磁石36を備えているものでは、図36に示すように、ホール素子のような磁気感应素子63を周方向において間隔をおいて配置するとともに、可動部材3の位置に応じた磁界の強さの変化で磁気感应素子63の出力が変化するようにしておけば、より簡単に可動部材3の公転位置を検出することができる。

【0051】ところで、コイル42への通電制御であるが、ある一つのコイル42のみに電流を流したり、隣接する複数のコイル42に電流を流したりするほか、前述のように磁気反発力も利用する場合には、図37に示すように、全コイル42に同時に電流を流すようにしてもよい。この場合、電流の方向は磁気吸引力を可動部材3に作用させるか磁気反発力を可動部材3に作用させるかによって適宜切り換えることになるが、この切り換えを行うコイル42を順次ずらしていくことによって、可動部材3に公転を行わせる。可動部材3を公転させる推進力を大きくすることができる。

【0052】もっとも、可動部材3の径方向において可動部材3が最も接近している極またはこの極に隣合う極の鉄心41と、該鉄心41と可動部材3の径方向において向かい合う鉄心41とを励磁するためのコイル42は、電流を流しても可動部材3公転させる推進力とはならないことから、図38に示すように、これらのコイル42を除く他の複数のコイル42に電流を同時に流した方が、コイル42において発生するジュール熱損を少なくすることができるために、より効率を高くすることができる。

【0053】

【発明の効果】以上のように本発明においては、所定半径の公転が自在に支持されている可動部材と、この可動部材の公転軌道の外接円に沿って配置されているとともに可動部材に作用させる磁気力で可動部材に公転を行わせるステータとからなる公転式アクチュエータにおいて、鉄心と該鉄心に巻回されたコイルとからなる上記ステータの鉄心が、可動部材の外周部を非接触で挟み込んでいるために、ステータの次に励磁すべき部分と可動部材との隙間を一定に保つことができるものであり、このために磁気抵抗や磁束漏れを少なくすることができて、高効率化を図ることができる。

【0054】この時、ステータが可動部材の公転平面に沿った磁気回路を形成するものであると、ほとんどの磁束が可動部材をステータに吸引する働きをするために、磁気吸引力が大きくなって高い推進力を得ることができ

る。

【0055】可動部材の公転平面を横断する磁気回路を形成するものであってもよく、この場合は各鉄心が磁氣的に絶縁されるために、他の手心への干渉や漏洩磁束を減少させることができ、高効率化を図ることができる。

【0056】そして可動部材が永久磁石で形成されておれば、磁気力が増加するためにより効率の高い駆動を行うことができるとともに推進力も向上させることができる。

【0057】また、可動部材は外周部が永久磁石で形成され、内周部が軽量部材で形成されていると、可動部材の軽量化により、可動部材の高速回転に対応させることができる。

【0058】可動部材が永久磁石と磁性材料とから形成されている場合は、磁気抵抗を下げることで、所定の磁気回路内を通る磁束量を増加させることができるために、推進力が向上する。また、周方向において永久磁石と磁性材料とが交互に並んだものとして形成されているとともに、磁性材料に隣接する2つの永久磁石は間の磁性材料に同磁極を向けているものでは、永久磁石から発生する磁束が磁性材料において絞り込まれるために、磁束密度が大きくなり、推進力が向上する。

【0059】さらに、可動部材が永久磁石で形成されている場合、径方向に着磁されたものを用いれば、磁極のカップリングにより反磁界の効果が弱まるために可動部材の推進力が向上する。

【0060】着磁方向が径方向に対して傾いている場合には、吸引する鉄心に向かって磁束が直線的に流れるために、可動部材に働く吸引力が増加することになり、推進力の向上を得ることができる。

【0061】可動部材が厚み方向において複数の永久磁石が積層されているものである時には、次相の鉄心に向かって磁束が直線的に流れるように着磁することが容易となる。

【0062】可動部材の外周面に間隔をおいて複数の突部を設けたものとするのも軽量化の点で好ましく、この場合の突部は、その断面が可動部材の周方向あるいは径方向において漸次変化しているものを用いると、可動部材の公転方向成分の磁束が増大するために推進力を向上させることができる。

【0063】可動部材の外周面に厚みの薄い鏝部を設けて、この鏝部がステータの鉄心で非接触状態で挟み込まれているようにしてもよい。ギャップでの磁束流路が大きくなって磁気抵抗が減少するために、可動部材の推進力が向上する。

【0064】可動部材の中心側が外周部よりも薄肉もしくは中空となっていて、可動部材の軽量化をさらに図ることができる。

【0065】また、可動部材のステータとの対向部表面にスリットを設けておくと、渦電流損失を減少させるこ

とができて、効率の向上を図ることができる。

【0066】ステータの鉄心は磁束の流動方向と垂直な方向に電磁鋼板を積層したものとして形成したり、可動部材との対向面にスリットを備えたものとしても、渦電流損失の減少を図ることができる。

【0067】鉄心の先端部断面積が他の部分より大としておくと、可動部材との対向面積の増大化による磁気抵抗の減少を図ることができて、推進力を向上させることができる。

【0068】ステータの鉄心は可動部材を挟んで接合される複数部品で形成されていると、可動部材の公転半径が小さい場合でも可動部材を容易に鉄心の間に挿入することができ、生産性を向上させることができる。

【0069】この場合、コイルが各部品毎に巻回されていると、さらに生産性を向上させることができる。

【0070】ステータのコイルは鉄心の可動部材寄りの先端部に巻回しておくと、コイルから発生した磁束が可動部材に流れ込みやすくなるために、効率の向上を図ることができる。

【0071】ステータがリング状であって内周側に複数の磁極歯を突出させている鉄心と、該鉄心のリング状部で且つ磁極歯間の部分に巻回されているコイルとからなるものでは、2個のコイルで1個の磁極歯を励磁することができるために、可動部材の推進力が向上する。

【0072】鉄心のコイル巻回部分には電氣的に絶縁された複数のコイルを巻回していてもよい。複数のコイルを同時に励磁することを1つずつ順にずらしていく場合の制御が容易である。

【0073】可動部材は自転拘束機構や公転半径拘束部材を介して支持されたものが好ましい。可動部材の不要な動きを確実に抑制して可動部材を正確な軌道で駆動することができる。

【0074】また、公転半径拘束部材には可動部材のカウンタバランスを備えたものを用いると、可動部材の公転に伴う重心位置の変化を無くすることができるために振動を少なくすることができる。

【0075】可動部材の公転平面と直交する方向における可動部材の位置を規制する規制手段を備えたものとするれば、可動部材のぶれが無くなり、可動部材のステータとの磁気ギャップがさらに安定して、スムーズで且つ正確な動きを得ることができる。

【0076】この場合の規制手段としては、リテーナにて保持されて可動部材に接触する複数の球面体を用いると、転がり摩擦とすることができるために摩擦によるものの損失を少なくすることができ、さらに規制手段として、磁気力を可動部材に及ぼして位置規制を行うものを用いると、可動部材の軸方向における一方側からだけで位置規制を行うことができる上に高精度な加工を必要としないために規制手段の追加を安価に行うことができる。

【0077】可動部材の径方向において向かい合う位置にあるコイル同士を、両コイルで励磁される鉄心の極性が逆となるように結線しておいてもよい。通電制御するコイルの相数を半分にすることができるために制御が容易となる。

【0078】さらに、可動部材の公転位置を検出する検出手段と、検出手段の出力に基づいてステータを制御する制御手段とを備えたものとすれば、可動部材の脱調を招くことがない駆動を行うことができる。

【0079】そして、この時の検出手段として、可動部材が備える永久磁石の磁気に感应する磁気感应部材を用いると、検出手段を少ない部品数で構成することができ、コストを下げることができる。

【0080】可動部材に公転を行わせる磁気力をステータに発生させるにあたっては、可動部材の周方向に並んでいる複数のコイルの同時励磁で行うと、可動部材を公転させるための推進力を大きくすることができる。

【0081】また、少なくとも可動部材の径方向において可動部材が最も接近している極またはこの極に隣合う極の鉄心と、該鉄心と可動部材の径方向において向かい合う鉄心とを励磁するためのコイルを除く他の複数のコイルの同時励磁で可動部材に公転を行わせる磁気力を発生させるようにした時には、大きな推進力を得られると同時に、ジュール熱損を低減して効率を高めることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態の一例を示すもので、(a)は平面図、(b)は断面図である。

【図 2】同上の分解斜視図である。

【図 3】他例の部分断面図である。

【図 4】(a) (b)は駆動方法の他例を示す説明図である。

【図 5】さらに他例の部分断面図である。

【図 6】別の例の平面図である。

【図 7】同上を用いたスクロールポンプの分解斜視図である。

【図 8】さらに別の例を示しており、(a)は平面図、(b)は断面図である。

【図 9】(a)～(d)は可動部材を永久磁石とした場合の磁極の配置例を示す斜視図である。

【図 10】(a) (b)は可動部材の他例の斜視図である。

【図 11】可動部材のさらに他例を示すもので、(a)は平面図、(b)は部分平面図である。

【図 12】(a)は可動部材の別の例の斜視図、(b) (c)は突部の平面図である。

【図 13】着磁方向の一例を示すもので、(a)は斜視図、(b)は部分平面図である。

【図 14】着磁方向の他例を示すもので、(a)は平面図、(b)は磁束の流れの説明図、(c)は着磁方向が径方向の場合の磁束の流れの説明図である。

【図 15】可動部材の別の例における磁束の流れの説明

図である。

【図 16】(a) (b)は突部における磁束の流れの説明図である。

【図 17】(a) (b)は突部における磁束の流れの説明図である。

【図 18】(a) (b)は突部における磁束の流れの説明図である。

【図 19】可動部材にスリットを設けた場合を示しており、(a)は部分平面図、(b)は側面図である。

【図 20】可動部材にスリットを設けた場合を示しており、(a)は部分平面図、(b)は側面図である。

【図 21】ステータの磁極歯にスリットを設けた場合を示しており、(a)は部分平面図、(b)は側面図である。

【図 22】ステータの鉄心の端面にスリットを設けた場合を示しており、(a)は側面図、(b)は端面図である。

【図 23】リング状鉄心の他例を示しており、(a)は分解斜視図、(b)は斜視図である。

【図 24】可動部材の別の例を示しており、(a) (b)はいずれも断面図である。

【図 25】ステータの組立手順の説明図である。

【図 26】他のステータの組立手順の説明図である。

【図 27】異なる例の断面図である。

【図 28】異なる駆動法の説明図である。

【図 29】カウンタバランスを備えた例を示しており、(a)は分解斜視図、(b)は他例における軸の斜視図である。

【図 30】可動部材の軸方向位置規制手段を設けた場合を示しており、(a)は断面図、(b)は他例の断面図である。

【図 31】可動部材の軸方向位置規制手段を設けた場合の別の例の分解斜視図である。

【図 32】同上の断面図である。

【図 33】可動部材の軸方向位置規制手段を設けた場合のさらに別の例の断面図である。

【図 34】他例を示しており、(a)は平面図、(b)は断面図である。

【図 35】位置検出手段を設けた場合の一例の断面図である。

【図 36】位置検出手段を設けた場合の他例の断面図である。

【図 37】駆動制御の他例を示すもので、(a)は平面図、(b)はタイムチャートである。

【図 38】駆動制御のさらに他例を示すもので、(a)は平面図、(b)はタイムチャートである。

【符号の説明】

1 アクチュエータ

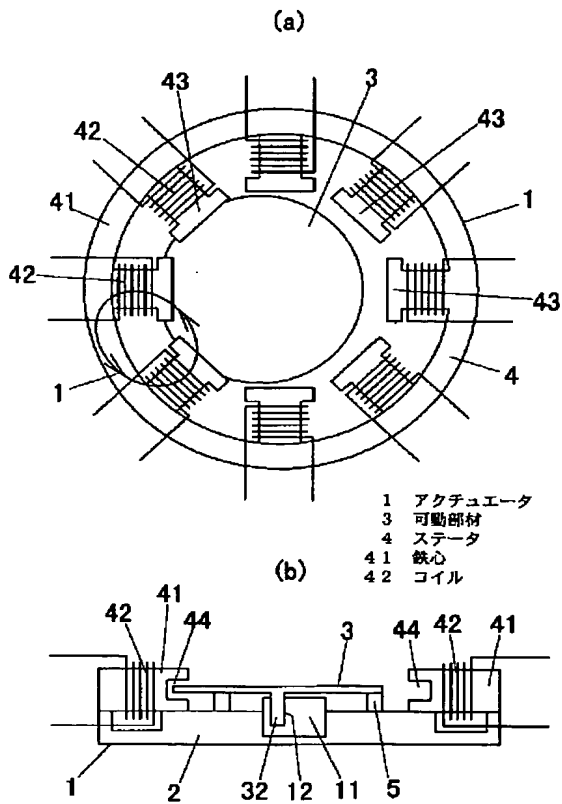
3 可動部材

4 ステータ

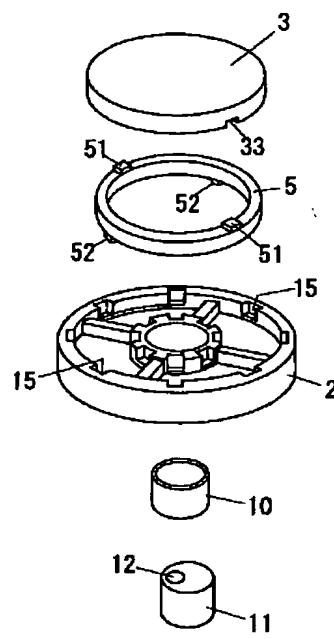
4 1 鉄心

4 2 コイル

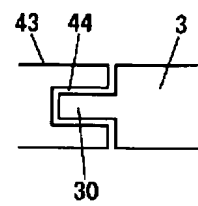
【図 1】



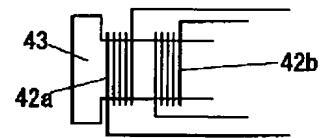
【図 2】



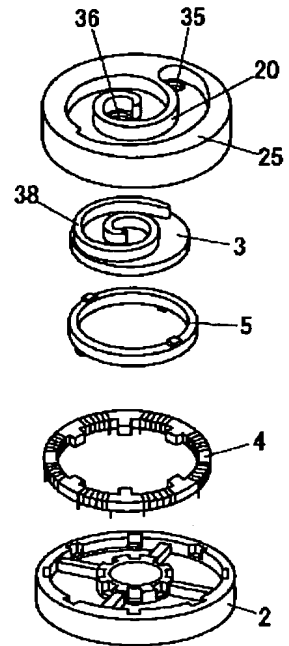
【図 3】



【図 5】

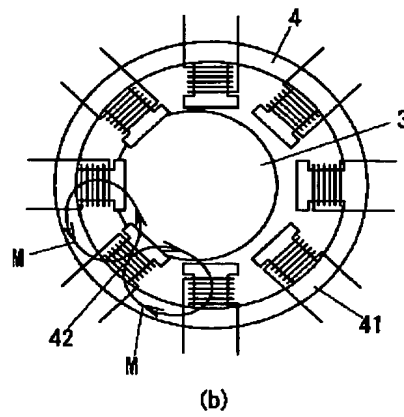


【図 7】

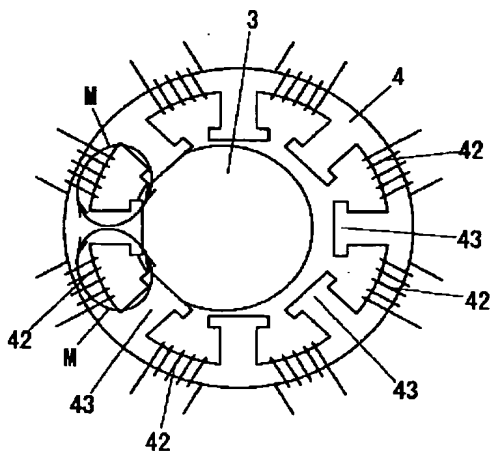


【図 4】

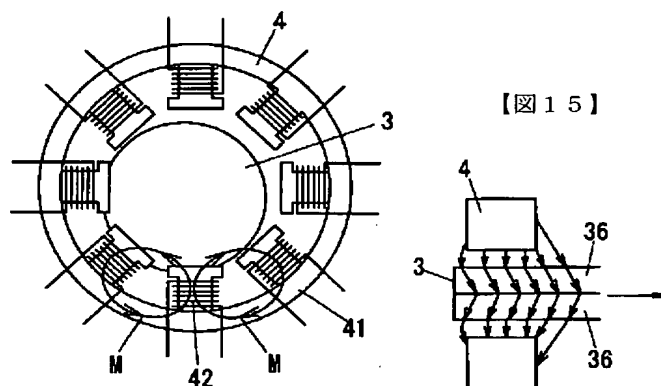
(a)



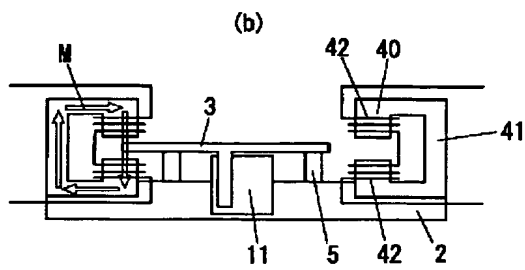
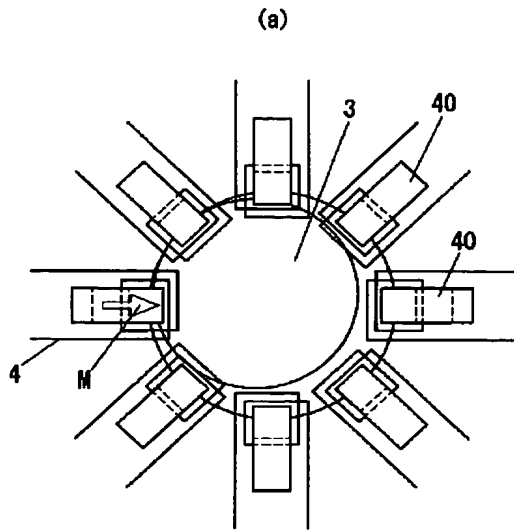
【図 6】



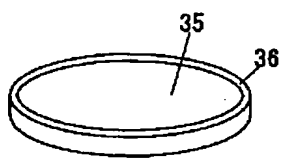
【図 15】



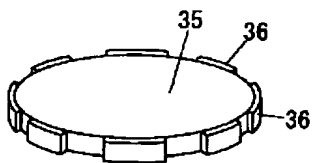
【図 8】



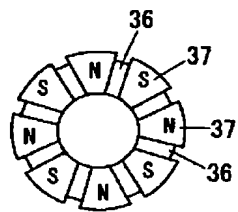
【図 10】



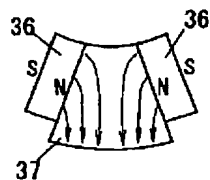
(b)



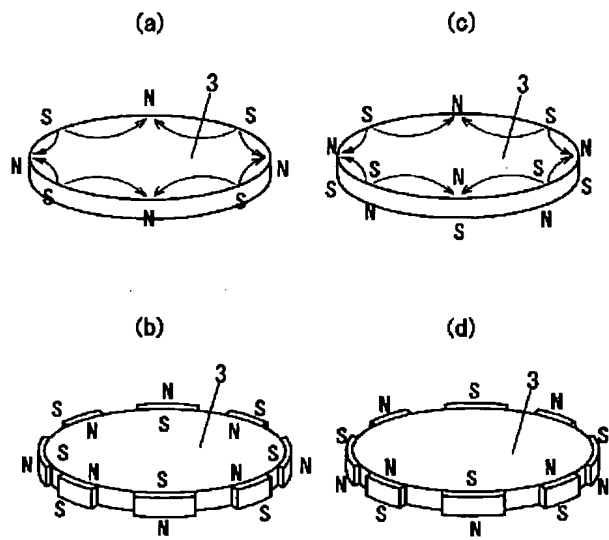
【図 11】



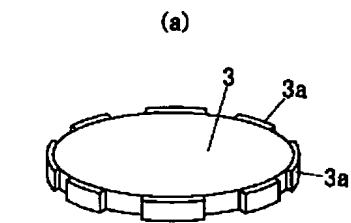
(b)



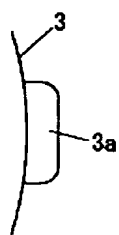
【図 9】



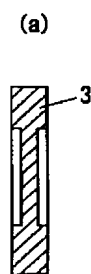
【図 12】



(b)



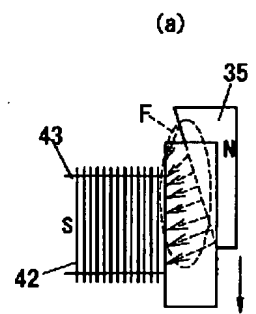
【図 24】



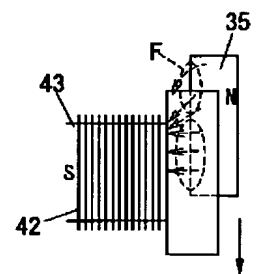
(b)



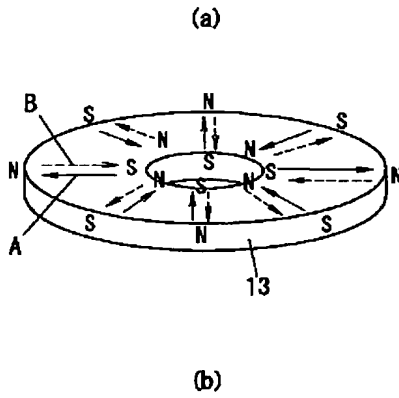
【図 16】



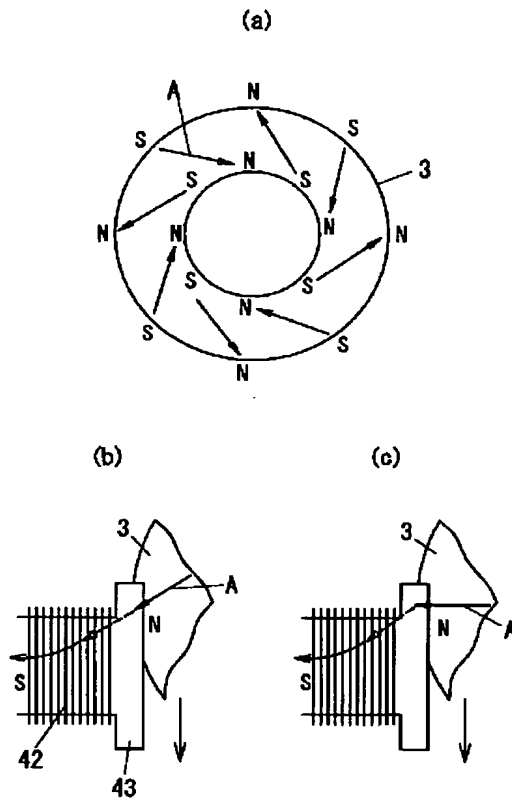
(b)



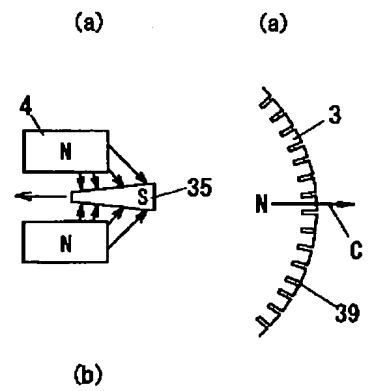
【図 13】



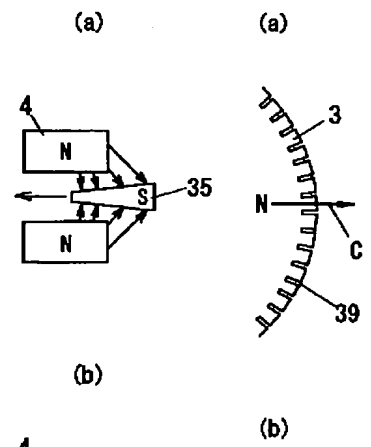
【図 14】



【図 17】

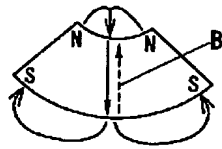


【図 19】



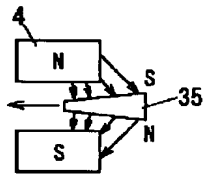
【図 18】

(a)



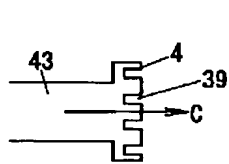
【図 20】

(a)



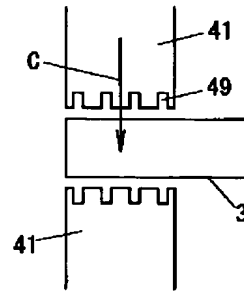
【図 21】

(a)



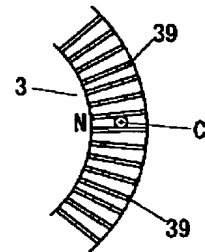
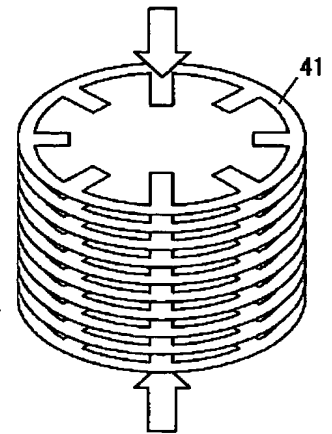
【図 22】

(a)



【図 23】

(a)

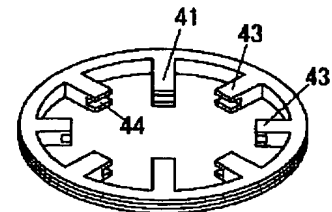
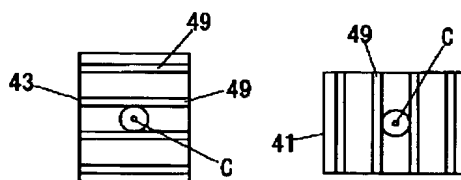
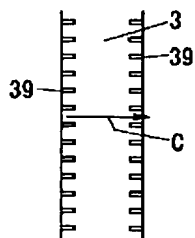


(b)

(b)

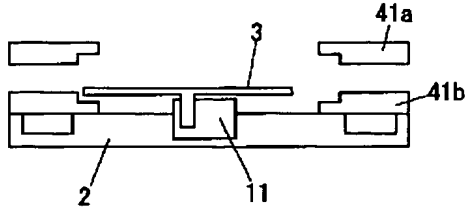
(b)

(b)

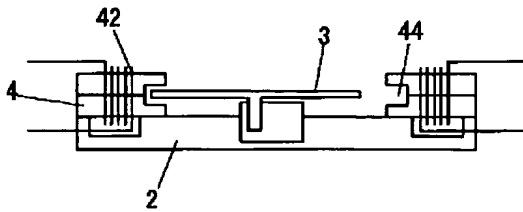


【図 25】

(a)

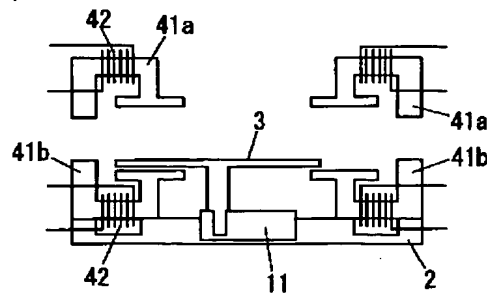


(b)

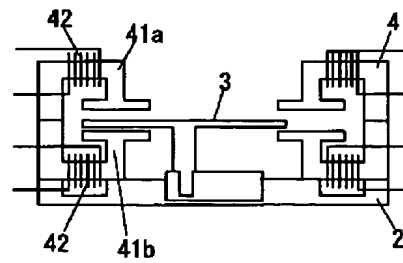


【図 26】

(a)

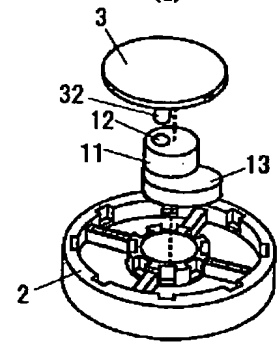


(b)

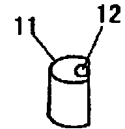


【図 29】

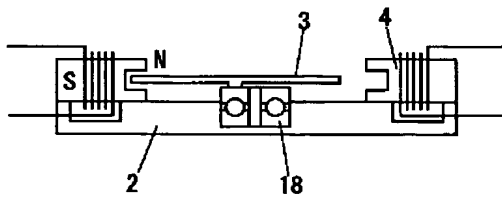
(a)



(b)

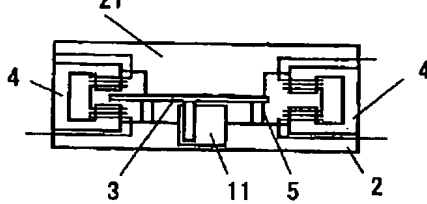


【図 27】

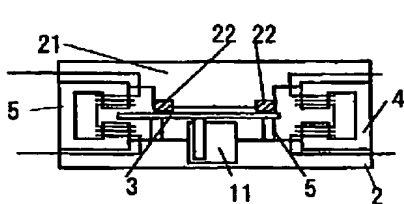


【図 30】

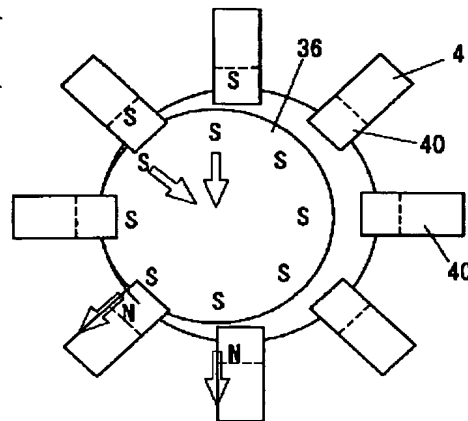
(a)



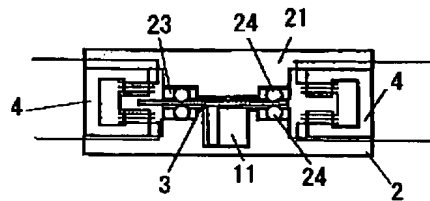
(b)



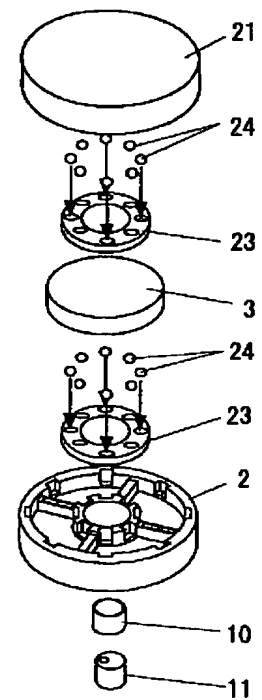
【図 28】



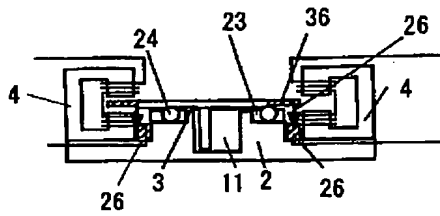
【図 32】



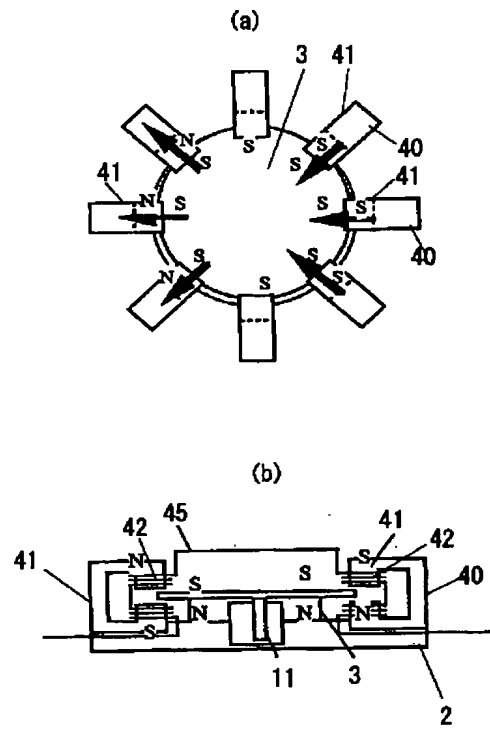
【図 31】



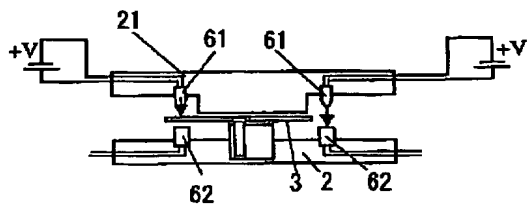
【図 3 3】



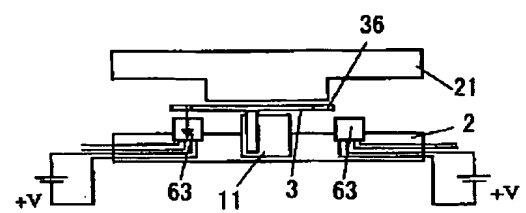
【図 3 4】



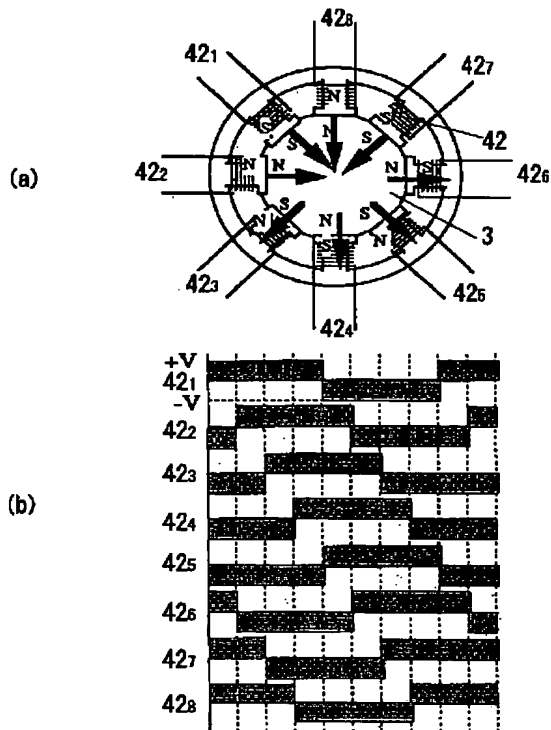
【図 3 5】



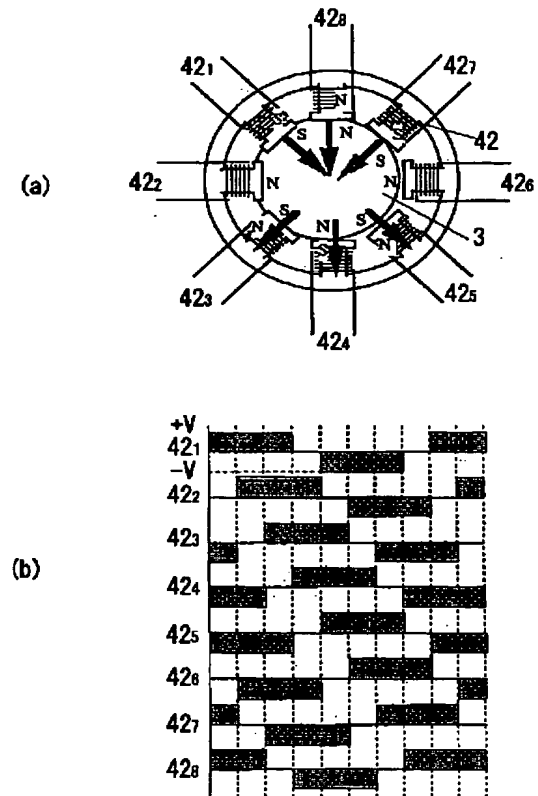
【図 3 6】



【図 37】



【図 38】



フロントページの続き

- (72) 発明者 平田 勝弘
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内
- (72) 発明者 光武 義雄
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内
- (72) 発明者 北野 幸彦
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内
- (72) 発明者 法上 司
大阪府門真市大字門真1048番地松下電工株式会社内

Fターム(参考) 5H641 BB06 BB17 BB19 GG02 GG04
GG08 GG11 GG12 GG24 GG26
GG28 HH03 HH05 HH08 HH09
HH12 HH14 HH16 JA03 JA07
JA15